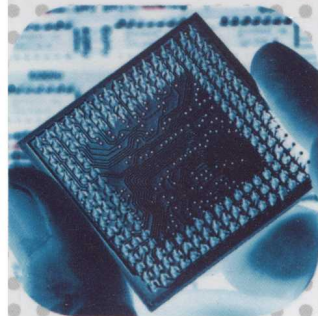


● 精·益·工·程·视·频·讲·堂 ●

电子设计
自动化系列

西门子S7-300 PLC 程序设计及应用

● 杨依领 谢龙汉 编著



- “精益生产”精神，造就了丰田汽车王国，振兴了日本整个工业产业，精益开发乃精益生产之重要组成部分。本书将精益生产的理念融入到电子自动化设计过程中。
- 精选、精简、精细、高效——功能简洁必要、组织紧凑合理、学习高效方便。
- 视频教学。



清华大学出版社

精益工程视频讲堂

西门子 S7-300 PLC 程序设计及应用

杨依领 谢龙汉 编著

浙江工业大学
图书馆藏书



浙江工业大学图书馆



72015270

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书基于西门子 CPU 314C-2 PN/DP 进行编写, 全书共 10 讲, 分别为可编程逻辑控制器概述、S7-300 系列 PLC 概述、STEP7 V11 操作基础、SIMATIC HMI、PLC 基本指令、PLC 扩展指令、PLC 程序结构、工艺自动控制、S7-300 系列 PLC 以太网通信和综合应用实例。书中各讲以“内容讲解→应用实例”为主要表述方式, 通过适量的典型实例操作和重点知识相结合的方法, 对 S7-300 系列 PLC 的使用进行讲解, 力求紧扣操作, 语言简洁, 避免冗长的解释说明, 使读者能够快速了解 S7-300 系列 PLC 的原理和应用。另一方面, 在实例的介绍过程中, 本书采用西门子 TIA Portal 编程软件——STEP7 Professional V11, 该软件不仅可以对 PLC 硬件进行仿真, 还可以对 HMI 触摸屏仿真, 力求使读者在充分了解 S7-300 系列 PLC 结构原理的基础上使用 LAD 编程语言, 降低项目开发的复杂程度, 缩短开发周期。

本书语言简练, 功能使用全面且层次递进, 同时配有全程操作动画, 包括相关仿真软件的使用以及项目调试, 读者可以通过观看动画来学习。

本书可作为西门子 PLC 初学者入门和提高的学习宝典, 也可作为各大中专院校、培训机构的专业教材, 还可作为 PLC 工业控制领域专业人员的实用参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签, 无标签者不得销售。

版权所有, 侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13701121933

图书在版编目 (CIP) 数据

西门子 S7-300 PLC 程序设计及应用/杨依领, 谢龙汉编著. —北京: 清华大学出版社, 2014
(精益工程视频讲堂)

ISBN 978-7-302-34436-0

I. ①西… II. ①杨… ②谢… III. ①plc 技术—程序设计 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 265927 号

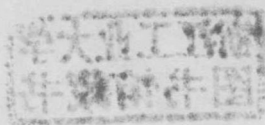
责任编辑: 钟志芳

封面设计: 刘 超

版式设计: 文森时代

责任校对: 赵丽杰

责任印制: 何 芊



出版发行: 清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175

邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者: 北京国马印刷厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185mm×260mm

印 张: 17.25

字 数: 424 千字

(附 DVD 光盘 1 张)

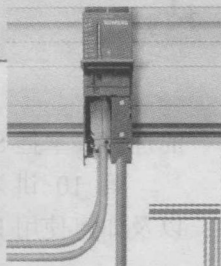
版 次: 2014 年 1 月第 1 版

印 次: 2014 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 1~4000

定 价: 42.00 元

产品编号: 051189-01



前言

随着工业自动化控制技术的发展,PLC 的使用深入石油化工、机械制造、汽车装配制造等各个领域。目前市场上的 PLC 产品多种多样,其中,西门子 S7-300 系列 PLC 凭借着自身的使用方便、设计灵活以及可靠性高等特点,在 PLC 领域占据重要地位。西门子公司生产的 S7-300 系列 PLC 具有开关量控制、模拟量控制、闭环控制、运动控制以及通信联网等功能,在工业自动化领域被广泛使用,是工程技术人员进行工业自动化控制较好的选择。本书以西门子 CPU 314C-2 PN/DP 和 STEP7 Professional V11 为模板,通过丰富的实例、全视频讲解等方式对 S7-300 系列 PLC 进行全方位教学。

本书特色

本书以“内容讲解→应用实例”为主要表述方式,通过适量的典型实例操作和重点知识相结合的方法,对 S7-300 系列 PLC 的使用进行讲解,在讲解中力求紧扣操作,语言简洁,避免冗长的解释说明,使读者能够快速了解 S7-300 系列 PLC 的原理和应用。

在实例的介绍过程中,本书采用西门子 TIA Portal 编程软件——STEP7 Professional V11,该软件不仅可以对 PLC 硬件进行仿真,还可以对 HMI 触摸屏仿真,力求使读者在充分了解 S7-300 系列 PLC 结构原理的基础上使用 LAD 编程语言,减少项目开发的复杂程度,缩短开发周期。

本书提供了全部实例的操作录像,读者可以按照书中列出的视频路径,从光盘中打开相应的视频直接进行学习。视频中还包含语音讲解,可以用 Windows Media Player 等常用播放器观看,如果无法播放,可安装光盘中的 tscc.exe 插件。

本书内容

本书共 10 讲,讲解中有大量操作截图,形象直观,便于读者理解和学习,另附有光盘,包含本书的教学视频及实例讲解的工程项目文件,方便读者自学。

第 1 讲为可编程逻辑控制器概述。通过本讲的学习,读者可以了解 PLC 的基础知识、基本结构、工作原理、性能指标和编程语言。

第 2 讲为 S7-300 系列 PLC 概述。主要讲解 S7-300 系列 PLC、S7-300 系列 PLC 模块和 I/O 模块编址。通过本讲的学习,读者对 S7-300 系列 PLC 会有一个大致了解。

第 3 讲为 STEP7 V11 操作基础。通过本讲的学习,读者可以理解和使用西门子 PLC 的编程环境——STEP7 V11 中的 LAD 编程相关功能。

第 4 讲为 SIMATIC HMI。通过本讲的学习,读者可以理解和使用西门子 PLC 的编程环境——STEP7 V11 的 HMI 编程相关功能。

第 5~9 讲依次讲解了 PLC 基本指令、PLC 扩展指令、PLC 程序结构、工艺自动控制和 S7-300 系列 PLC 以太网通信,通过这几讲的学习,读者将会对 S7-300 系列 PLC 主要功能模块有较好

的理解，掌握 S7-300 系列 PLC 的常用功能。

第 10 讲为综合应用实例，主要讲解了自动售货机和十字路口交通灯控制两个设计实例，以及如何使用 HMI 触摸屏对这两个实例进行显示和控制。

本书读者对象

本书具有操作性强、指导性强、语言简练等特点，可作为 S7-300 系列 PLC 初学者入门和提高的学习宝典，也可作为各大中专院校、培训机构的专业教材，还可作为 PLC 工业控制领域专业人员的实用参考书。

学习建议

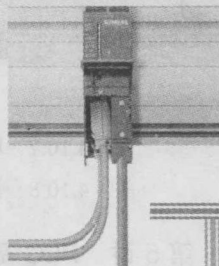
建议读者按照图书编排的先后次序学习 S7-300 系列 PLC，从第 3 讲开始，读者可以先浏览“应用实例”，打开该实例的光盘视频仔细观看，然后根据实例的操作步骤在 STEP7 Professional V11 中进行操作。如果遇到操作困难的地方，可以阅读书本的相关内容，然后再动手进行操作。

本书由杨依领、谢龙汉编写完成，同时参与本书编写的还有腾龙工作室的许璐、谢锋然、娄军强、武敏、林伟、林木议和魏艳光等人。此外，本书在编写过程中引用和参考了国内外许多专家和学者的研究成果，也参考了西门子公司的技术文档和手册，在此一并致谢。

感谢您选用本书进行学习，由于编者水平有限，书中难免有疏漏之处，恳请您将本书的意见和建议告诉我们，电子邮箱地址为 tenlongbook@163.com。

编者

本书内容

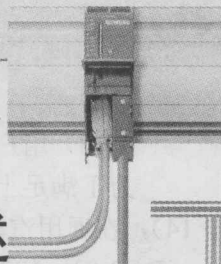


目 录

第 1 讲 可编程逻辑控制器概述..... 1	3.2.8 在线调试..... 37
1.1 PLC 的基础知识..... 1	3.2.9 帮助系统..... 39
1.1.1 PLC 的产生与发展..... 1	3.3 S7-PLCSIM 仿真..... 40
1.1.2 PLC 的定义..... 2	3.4 入门实例——电机顺序启动..... 44
1.1.3 PLC 的分类和应用领域..... 2	3.4.1 实例说明..... 44
1.2 PLC 的基本结构..... 3	3.4.2 PLC 电气接线..... 45
1.3 PLC 的工作原理..... 4	3.4.3 设备组态..... 45
1.4 PLC 的性能指标..... 5	3.4.4 PLC 编程..... 46
1.5 PLC 的编程语言..... 6	3.4.5 编译下载..... 47
第 2 讲 S7-300 系列 PLC 概述..... 9	3.4.6 在线调试..... 48
2.1 S7-300 系列 PLC..... 9	3.4.7 PLCSIM 仿真..... 49
2.2 S7-300 系列 PLC 模块..... 10	第 4 讲 SIMATIC HMI..... 51
2.2.1 电源模块..... 11	4.1 设备组态..... 51
2.2.2 中央处理单元 (CPU) 模块..... 11	4.2 运行系统设置..... 56
2.2.3 接口模块..... 12	4.3 画面..... 58
2.2.4 模拟量模块..... 13	4.3.1 基本对象..... 59
2.2.5 数字量模块..... 14	4.3.2 元素..... 59
2.2.6 功能模块..... 14	4.3.3 控件..... 63
2.2.7 特殊模块..... 16	4.3.4 图形..... 65
2.2.8 通信模块..... 16	4.4 HMI 变量..... 66
2.3 I/O 模块编址..... 17	4.5 HMI 报警..... 67
第 3 讲 STEP7 V11 操作基础..... 18	4.6 配方..... 70
3.1 STEP7 V11 简介..... 18	4.7 用户管理..... 72
3.2 STEP7 V11 软件界面及功能..... 19	4.8 编译下载..... 74
3.2.1 启动与退出..... 19	4.9 仿真..... 78
3.2.2 项目视图和 Portal 视图..... 19	4.10 应用实例——红绿灯..... 79
3.2.3 新建项目..... 20	4.10.1 实例说明..... 79
3.2.4 组态设备..... 22	4.10.2 PLC 电气接线..... 79
3.2.5 项目树..... 24	4.10.3 设备组态..... 80
3.2.6 PLC 编程..... 26	4.10.4 PLC 编程..... 80
3.2.7 编译下载..... 32	4.10.5 PLC 编译下载..... 82
	4.10.6 HMI 编程..... 82

4.10.7 HMI 编译下载	87	6.1.3 本地时间	153
4.10.8 测试分析	87	6.2 字符串和字符	155
第 5 讲 PLC 基本指令	88	6.2.1 常用指令	155
5.1 常规指令	88	6.2.2 更多指令	155
5.2 位逻辑运算指令	90	6.3 中断	156
5.3 定时器操作指令	94	6.3.1 时间中断	157
5.4 计数器操作指令	103	6.3.2 延时中断	157
5.5 比较器操作指令	108	6.3.3 同步事件	158
5.6 数学函数指令	110	6.3.4 异步错误事件	158
5.7 移动操作指令	120	6.4 应用实例——路灯的自动控制	159
5.8 转换操作指令	122	6.4.1 实例说明	159
5.9 程序控制操作指令	126	6.4.2 PLC 电气接线	159
5.10 字逻辑运算指令	130	6.4.3 PLC 编程	160
5.11 移位和循环移位指令	133	6.4.4 测试分析	162
5.12 应用实例——电机控制	136	6.5 应用实例——循环中断控制	162
5.12.1 实例说明	136	6.5.1 实例说明	162
5.12.2 PLC 编程	136	6.5.2 PLC 编程	163
5.12.3 测试分析	138	6.5.3 测试分析	164
5.13 应用实例——广告灯	139	6.6 应用实例——单灯闪烁	164
5.13.1 实例说明	139	6.6.1 实例说明	164
5.13.2 PLC 编程	139	6.6.2 PLC 编程	165
5.13.3 HMI 编程	141	6.6.3 HMI 编程	165
5.13.4 测试分析	142	6.6.4 测试分析	166
5.14 应用实例——喷泉	143	6.7 应用实例——延时中断	167
5.14.1 实例说明	143	6.7.1 实例说明	167
5.14.2 PLC 编程	143	6.7.2 PLC 编程	167
5.14.3 HMI 编程	146	6.7.3 测试分析	168
5.14.4 测试分析	147	第 7 讲 PLC 程序结构	169
5.15 应用实例——函数	148	7.1 组织块 OB	169
5.15.1 实例说明	148	7.2 函数块 FB 和函数 FC	171
5.15.2 PLC 编程	148	7.3 数据块 DB	172
5.15.3 HMI 编程	149	7.4 梯形图设计方法	174
5.15.4 测试分析	149	7.4.1 梯形图经验设计法	174
第 6 讲 PLC 扩展指令	151	7.4.2 继电器电路移植法	174
6.1 日期和时间	151	7.4.3 顺序功能设计法	174
6.1.1 基本功能	152	7.5 顺序功能图语言 S7-GRAPH	175
6.1.2 时钟功能	152	7.6 应用实例——顺序功能设计 1	177
		7.6.1 实例说明	177

7.6.2 PLC 编程.....	177	第 9 讲 S7-300 系列 PLC 以太网通信....	220
7.6.3 测试分析.....	181	9.1 以太网通信概述	220
7.7 应用实例——顺序功能设计 2	182	9.2 以太网通信指令	221
7.7.1 实例说明.....	182	9.3 以太网通信编程	222
7.7.2 PLC 编程.....	183	9.4 应用实例——ISO on TCP 通信 ...	224
7.7.3 测试分析.....	186	9.4.1 实例说明	224
7.8 应用实例——函数 FC	187	9.4.2 设备组态	224
7.8.1 实例说明.....	187	9.4.3 PLC1200 编程.....	225
7.8.2 PLC 编程.....	187	9.4.4 PLC300 编程.....	228
7.8.3 测试分析.....	190	9.4.5 测试分析	230
7.9 应用实例——函数块 FB.....	191	9.5 应用实例——TCP 通信	231
7.9.1 实例说明.....	191	9.5.1 实例说明	231
7.9.2 PLC 编程.....	191	9.5.2 设备组态	232
7.9.3 测试分析.....	194	9.5.3 PLC1200 编程.....	233
第 8 讲 工艺自动控制	195	9.5.4 PLC300 编程.....	236
8.1 PID 控制器.....	195	9.5.5 测试分析	238
8.1.1 PID 控制器简介.....	195	第 10 讲 综合应用实例	240
8.1.2 PID 控制指令	196	10.1 自动售货机	240
8.1.3 PID 指令编程	203	10.1.1 实例说明	240
8.2 高速计数模块	204	10.1.2 PLC 电气接线.....	240
8.2.1 FM350 高速计数模块	204	10.1.3 PLC 编程.....	241
8.2.2 FM350 高速计数指令	205	10.1.4 HMI 编程	250
8.2.3 FM350 高速计数指令编程	207	10.1.5 测试分析	251
8.3 应用实例——PID 温度控制	214	10.2 十字路口交通灯控制.....	252
8.3.1 实例说明.....	214	10.2.1 实例说明	252
8.3.2 设备组态	214	10.2.2 PLC 电气接线.....	253
8.3.3 PLC 编程.....	215	10.2.3 PLC 编程.....	253
8.4 应用实例——PID 压力控制	217	10.2.4 HMI 编程	261
8.4.1 实例说明.....	217	10.2.5 测试分析	263
8.4.2 设备组态	217	参考文献	264
8.4.3 PLC 编程.....	217		



第 1 讲 可编程逻辑控制器概述

可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, PLC), 是一种在工业自动化控制领域中使用较为广泛的、具有微处理器的数字逻辑控制器。在其使用过程中, 使用者可以随时将控制指令加载到 PLC 存储器存储并执行, 从而实现使用者所需的控制功能。PLC 主要由中央处理单元 CPU、存储器、输入/输出单元以及电源组成。

本讲内容

- PLC 的基础知识
- PLC 的基本结构
- PLC 的工作原理
- PLC 的性能指标
- PLC 的编程语言

1.1 PLC 的基础知识

在工业自动化控制领域, 由于生产上对电气控制系统的要求越来越高, 原有的继电器-接触器控制系统由于系统修改困难和维护不方便等缺点已经很难满足使用者的要求, 为了更好地实现工业自动化控制的要求, 自 20 世纪 60 年代以来, 人们迅速发展了可编程控制器, 至今已成为工业自动化控制领域中重要的一员。

1.1.1 PLC 的产生与发展

美国汽车工业生产技术要求的发展促进了 PLC 的产生, 20 世纪 60 年代, 美国通用汽车公司在对工厂生产线调整时, 发现继电器-接触器控制系统修改难、体积大、噪声大、维护不方便以及可靠性差, 于是提出了著名的“通用十条”招标指标。

- (1) 编程方便, 现场可修改程序。
- (2) 维修方便, 采用模块化结构。
- (3) 可靠性高于继电器控制装置。
- (4) 体积小于继电器控制装置。
- (5) 数据可直接送入计算机。
- (6) 成本可与继电器控制装置竞争。
- (7) 输入可以是交流 115V。
- (8) 输出为交流 115V、2A 以上, 能直接驱动电磁阀、接触器等。
- (9) 在扩展时, 原系统只要很小变更。

(10) 用户程序存储器容量能扩展。

为了满足上述招标标准,1969年,美国数字化设备公司研制出第一台可编程控制器(PDP-14),在通用汽车公司的生产线上试用后,效果显著;1971年,日本研制出第一台可编程控制器(DCS-8);1973年,德国研制出第一台可编程控制器;1974年,我国开始研制可编程控制器;1977年,我国在工业应用领域推广PLC。

PLC发展到现在,出现了上百家生产厂商,其中著名的厂商有德国的西门子(SIEMENS)公司、AEG公司,日本的欧姆龙(OMRON)公司、三菱电机(Mitsubishi Electric)公司,美国的A-B(Allen-Bradley)公司和法国的施耐德(SCHNEIDER)公司等,这几家公司的产品多种多样并且功能相对齐全,占据全球PLC市场的大部分份额,我国也有不少厂家研制生产PLC,但产品竞争力和市场份额都有所欠缺。

1.1.2 PLC的定义

1987年,国际电工委员会(IEC)在其标准中将PLC定义为:可编程逻辑控制器是一种数字运算操作的电子系统,专为在工业环境应用而设计。它采用一类可编程的存储器,用于内部存储程序、执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数与算术操作等面向使用者的指令,并通过数字或模拟式输入/输出控制各种类型的机械或生产过程。可编程逻辑控制器及其有关外部设备,都按易于与工业控制系统联成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。

根据IEC标准,PLC可以被看作一种工业计算机,使用者可以通过编写自己的控制程序来改变其控制功能,PLC不仅能完成使用者需要的各种自动化控制任务,还能与其他设备进行通信联网。由于PLC具有可靠性高、抗干扰能力强、编程简单、使用方便、灵活性强、体积小和重量轻等优点,在我国,其应用推广得到了迅猛发展,被用于石油化工、机械制造、汽车装配制造等各个行业的自动控制系统中。设计、安装、调试和维护PLC控制系统已经成为电气技术人员和工科学生的基本技能之一。

1.1.3 PLC的分类和应用领域

PLC发展到现在,形式和功能多种多样并各有区别,目前,一般按以下原则对其进行分类。

1. 按 PLC 的 I/O 点数

PLC按I/O点数的多少可分为小型、中型和大型3类。

- ◆ 小型PLC的I/O点数一般小于256,处理器一般为8位或16位,如德国西门子公司的S7-200 PLC。
- ◆ 中型PLC的I/O点数一般在256~2048之间,如德国西门子公司的S7-300 PLC。
- ◆ 大型PLC的I/O点数一般大于2048,处理器一般为16位或者32位,如德国西门子公司的S7-400 PLC。

2. 按 PLC 的结构形式

根据PLC的结构形式,可分为模块式和整体式两类。

- ◆ 模块式是指PLC将PLC系统分为若干个功能单一的模块,使用时将这些功能模块插在

机架上,各模块之间功能不同,外形尺寸统一,使用者可根据需要灵活配置,大中型 PLC 一般为模块式结构,如德国西门子公司的 S7-300 PLC 和 S7-400 PLC。

- ◆ 整体式结构是将 PLC 电源、CPU、存储器和输入/输出接口等集合在一个基本单元内,基本单元可以通过扩展电缆与扩展单元相连。整体式 PLC 体积较小、成本低廉并且安装方便,小型 PLC 一般均为整体式结构,如德国西门子公司的 S7-200 PLC。

3. 按 PLC 的功能

根据 PLC 的功能不同,可将 PLC 分为低档、中档和高档 3 类。

- ◆ 低档 PLC 具有计数、定时和逻辑运算等基本功能,输入/输出模块数量比较少,主要用于单机控制系统,如德国西门子公司的 S7-200 PLC。
- ◆ 中档 PLC 除具有低档 PLC 的功能外,还具有较强的控制功能和运算功能,输入/输出模块的数量和种类也比较多,适用于复杂控制系统,如德国西门子公司的 S7-300 PLC。
- ◆ 高档 PLC 除具有中档 PLC 的功能外,还增加了矩阵运算以及其他特殊功能函数运算等更强大的控制功能和运算能力。此外,高档 PLC 输入/输出模块数量很多并且种类全面,还具有更强的通信联网功能,可用于大规模控制任务,如德国西门子公司的 S7-400 PLC。

目前,PLC 不仅广泛应用于石油化工、机械制造、汽车装配制造等各个行业,还应用于开关量控制、模拟量控制、运动控制、过程控制和通信联网等领域。

1.2 PLC 的基本结构

PLC 的基本结构主要由 CPU、存储器、输入/输出模块、电源和编程器等组成,如图 1-1 所示。

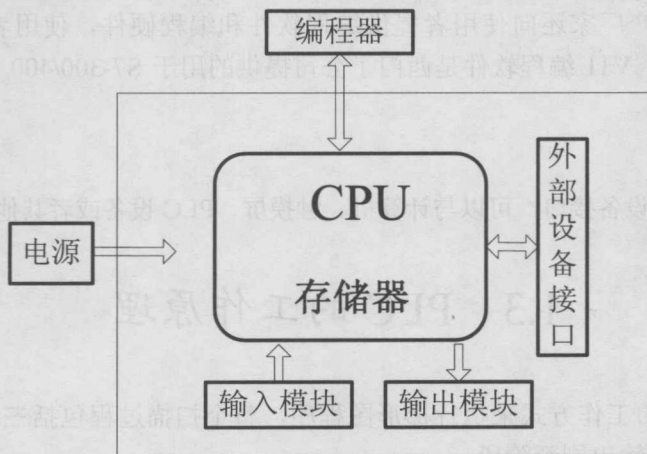


图 1-1 PLC 基本结构

1. CPU

PLC 工作的核心是中央处理单元 (CPU),工作时,CPU 通过循环扫描方式接收现场输入元

件传送的数据，并存入输入/输出映像区，同时，CPU 逐条读取存储器中的用户程序指令，经分析后产生相应指令的控制信号，去控制相关外部负载。此外，CPU 还可以诊断电源、内部运行状态和程序错误等。

2. 存储器

存储器是 PLC 系统中重要的组成部分，主要用于存储程序及数据，也可以使用 RAM (Random Access Memory) 或 EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory) 等专用内存卡扩充，不同品牌、不同型号的 PLC 的存储器扩充能力各不相同，存储器容量的大小关系到程序容量的大小和内部器件的多少，是反映 PLC 性能的重要指标之一。

3. 输入/输出模块

PLC 通过输入模块读取现场输入元件的数据，并通过内部总线将数据送进存储器，经由 CPU 处理驱动程序指令，然后通过输出模块控制相应输出元件。输入模块的信号范围涵盖 $\pm 10\text{mV} \sim \pm 10\text{V}$ ，与选用的输入元件的种类有关，输出模块则用来驱动指示灯、电磁线圈和报警器等输出元件。

4. 电源

PLC 中的电源有两种形式，一种是电源与 CPU 模块分开；另一种是电源与 CPU 模块集成在一起。电源主要为 PLC 提供工作电源，为交流时，电源通常为 220VAC 或 110VAC；为直流时，电源通常为 24V。

5. 编程器

编程器用于编程、监控以及控制 PLC 系统的运行，是 PLC 进行编程、监测和控制时必不可少的重要部分。它有手持编程器和图形编程器两种，手持编程器一般使用专用编程电缆与 PLC 相连或者直接插在 PLC 编程接口上，一般用来给小型 PLC 编程，只能直接输入和编辑语句表 (IL) 指令；图形编辑器可直接输入和编辑梯形图 (LAD) 指令，既可以在线编程也可以离线编程。此外，PLC 生产厂家还向使用者提供编程软件和编程硬件，使用者可以在 PC 机上对 PLC 进行编程，STEP7 V11 编程软件是西门子公司提供的用于 S7-300/400 和 S7-1200 系列 PLC 的编程软件。

6. 外部设备接口

PLC 集成多种外部设备接口，可以与计算机、触摸屏、PLC 设备或者其他通信设备通信联网。

1.3 PLC 的工作原理

PLC 以循环扫描的工作方式来执行梯形图程序，整个扫描过程包括三大阶段，即输入采样阶段、程序执行阶段和输出刷新阶段。

1. 输入采样阶段

PLC 逐个扫描每个输入元件的状态，并将所有输入元件的状态保存到输入映像区。

2. 程序执行阶段

没有跳转指令时, CPU 按从上到下、从左到右的顺次扫描执行程序; 执行指令时, 刷新相应的输出映像区; 程序出现死循环或者错误时, 发出报警。若出现不可恢复的确定性故障, CPU 自动停止执行程序, 切断负载, 发出故障信号。

3. 输出刷新阶段

阶段 2 中的输出状态经输出接口驱动外部负载, 并返回阶段 1。

输入采样阶段、程序执行阶段和输出刷新阶段又被称为 PLC 扫描周期, 完成扫描周期所需的时间称为 PLC 反应时间。PLC 工作时, 每次程序执行后与下一次程序执行前, 输入与输出状态都会被刷新一次。

1.4 PLC 的性能指标

1. 存储容量

可以使用存储器容量来衡量 PLC 可存储用户程序的多少, PLC 的存储容量通常以字为单位。

2. I/O 点数

可以使用 I/O 点数来衡量 PLC 输入/输出性能, PLC 输入/输出信号分为数字量和模拟量两种, 数字量一般用最大 I/O 点数表示, 模拟量一般用最大 I/O 通道数表示。在总 I/O 点数中, 输入点数一般大于输出点数, 且输入与输出不能互相替代。

3. 扫描速度

扫描速度是指 PLC 执行 1000 条指令所花费的时间, 单位为毫秒/千步, 一般在 10 毫秒/千步左右。

4. 编程语言

编程语言是 PLC 生产厂家为使用者设计的编程工具, 使用者使用编程语言可以实现所需的自动化控制要求。编程语言有多种形式, 常见的是梯形图语言 (LAD)、指令语句表编程语言 (IL)、功能块图编程语言 (FBD)、顺序功能图编程语言 (SFC) 和结构化文本编程语言 (ST)。

5. 内部寄存器

使用者在编写 PLC 控制程序时, 会用到大量内部寄存器来存放中间变量、定时计数、模块参数设置等信息, 通常使用内部寄存器的种类和数量来衡量 PLC 的存储和处理各种信息的能力, 内部寄存器的种类和数量越多, PLC 存储和处理信息的能力越强。

6. 通信能力

通常采用 PLC 的通信能力来衡量 PLC 与 PLC 之间、PLC 与其他通信设备之间的数据交换能力, 为了实现工业控制自动化, 各大生产厂家的 PLC 产品基本都会配有一至两个或者多个通信端口。

7. 特殊功能模块

可以采用特殊功能模块种类与功能来衡量 PLC 产品功能的强弱, 近年来, 各 PLC 生产厂商

开发的特殊功能模块种类日益增多, 功能越来越强, 使得 PLC 的控制功能日益强大。

8. 可扩展能力

可以采用 I/O 点数的扩展、存储容量的扩展、联网功能的扩展和各种功能模块的扩展来衡量 PLC 的可扩展能力, 使用者在选择 PLC 设备时, 通常要考虑 PLC 的可扩展能力。

1.5 PLC 的编程语言

IEC 61131-3 是由国际电工委员会 (IEC) 于 1993 年 12 月所制定 IEC 61131 标准的第 3 部分, 用于规范可编程逻辑控制器 (PLC)、DCS、IPC、CNC 和 SCADA 的编程系统。应用 IEC 61131-3 标准已经成为工业控制领域的趋势, 在 PLC 方面, 编辑软件只需符合 IEC 61131-3 国际标准规范, 便可借由符合各项标准的语言架构建立人人皆可了解的程序。

IEC 61131-3 标准规定 PLC 使用梯形图 (LAD)、功能块图 (FBD)、指令表 (IL)、顺序功能图 (SFC) 和结构化文本 (ST) 5 种编程语言。其中, 梯形图 (LAD)、功能块图 (FBD) 和顺序功能图 (SFC) 是可视化编程语言, 对于工程师和分析人员, 梯形图 (LAD) 和功能块图 (FBD) 是图形语言, 而顺序功能图 (SFC) 可以看作一种控制程序流程图; 结构化文本 (ST) 和指令表 (IL) 编程语言则面向过程, 适合程序员使用。

1. 梯形图 (LAD)

梯形图 (LAD) 是 PLC 中使用最为广泛的图形编程语言, 它由传统的继电器-接触器电路图简化符号演变而来, 是一种以图形符号表示控制关系的编程语言, 直观易懂, 非常适合熟悉继电器-接触器电路的电气工程师学习掌握。

电机 M1 的继电器-接触器自锁控制电路如图 1-2 所示, 对应的 PLC 梯形图如图 1-3 所示。

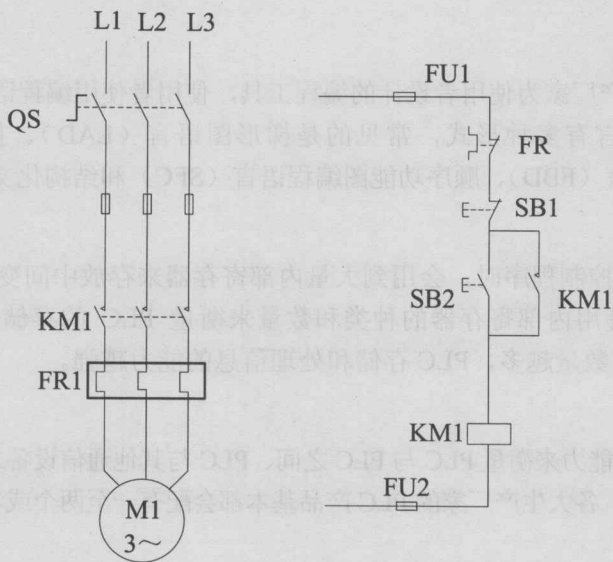


图 1-2 电机 M1 自锁控制电路

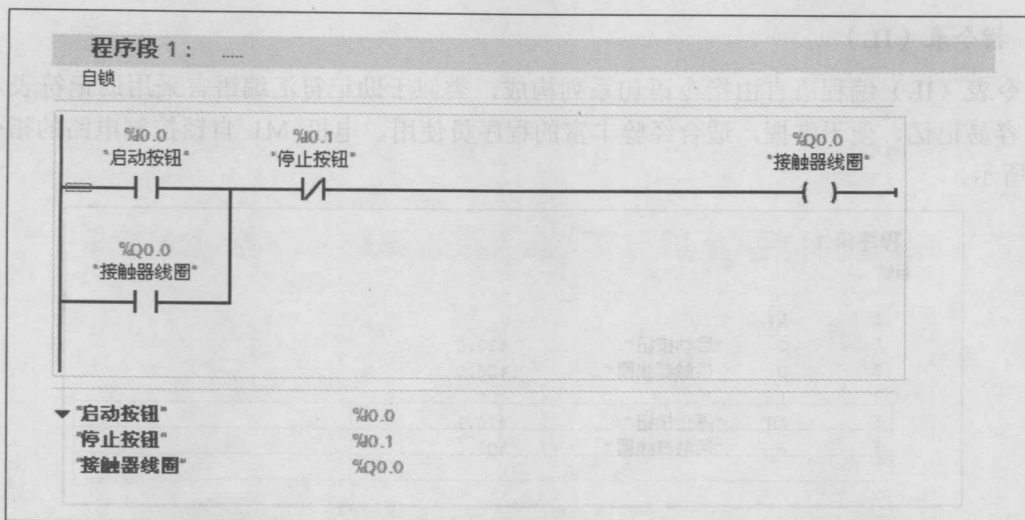


图 1-3 PLC 梯形图

图 1-2 所示的自锁控制电路与图 1-3 所示的 PLC 梯形图具有相同的逻辑含义，但表达方式上却有本质的区别。梯形图中的继电器是软器件，而非物理元件，图中的竖线类似于继电器-接触器控制线路中的电源线，被称为母线。一般梯形图由触点、线圈和指令框组成，触点代表外界输入条件，线圈代表逻辑运算结果，指令框用来表示跳转、定时器和计数器等指令。

2. 功能块图 (FBD)

功能块图 (FBD) 编程语言使用图形逻辑符号来描述程序，功能块图使用方框来表示逻辑运算关系，方框的左侧为输入变量，右侧为输出变量。采用功能块图，控制系统被细分，系统操作含义明确，便于设计人员设计思想沟通，有数字电路基础的人员很容易掌握。电机 M1 自锁控制电路的功能块图如图 1-4 所示。

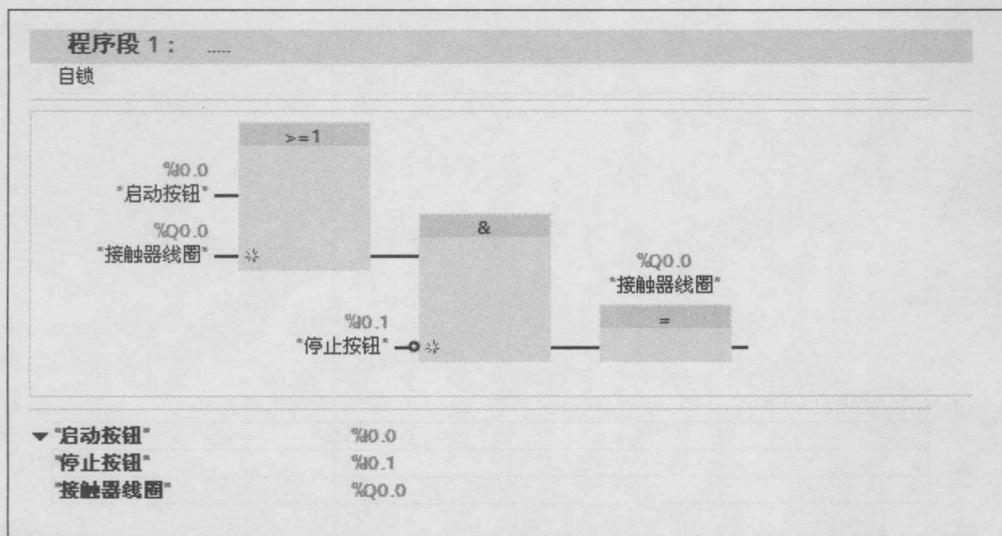


图 1-4 PLC 功能块图

3. 指令表 (IL)

指令表 (IL) 编程语言由指令语句系列构成, 类似于助记符汇编语言采用助记符表示操作功能, 容易记忆, 便于掌握, 适合经验丰富的程序员使用。电机 M1 自锁控制电路的指令表如图 1-5 所示。

程序段 1:					
自锁					
1	A(				
2	O	"启动按钮"	%I0.0		
3	O	"接触器线圈"	%Q0.0		
4	)				
5	AN	"停止按钮"	%I0.1		
6	=	"接触器线圈"	%Q0.0		

图 1-5 PLC 指令表

4. 顺序功能图 (SFC)

顺序功能图 (SFC) 编程语言类似于流程设计, 常用来编制顺序控制程序, 顺序功能图包含步、动作和转换 3 个要素。该编程方法将复杂控制过程分解, 然后按一定顺序控制要求组合, 详见 7.5 节。

5. 结构化文本 (ST)

结构化文本 (ST) 编程语言是用结构化的描述语句来描述程序的一种编程语言, 类似于高级编程语言, 与梯形图相比, 它简洁紧凑, 能实现复杂的数学运算。

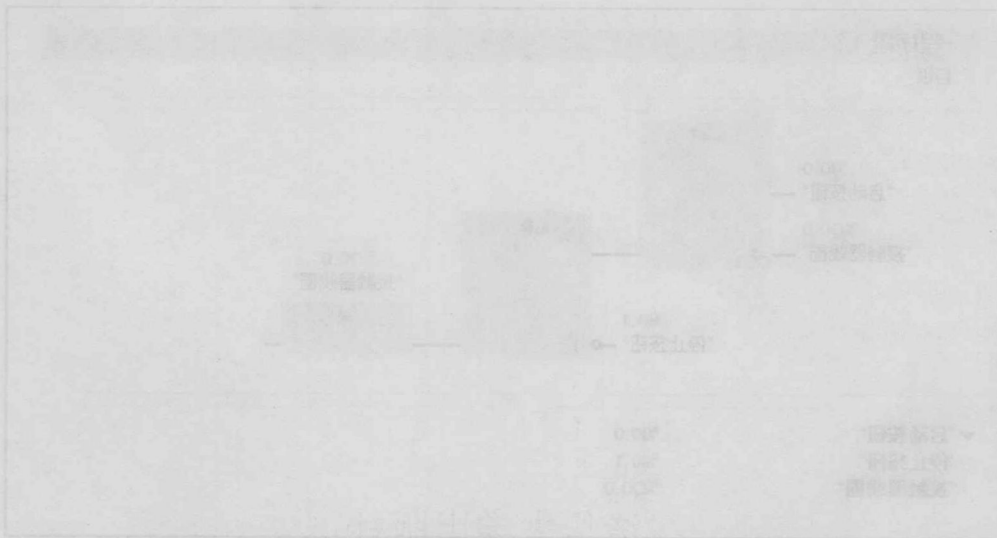
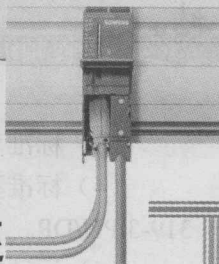


图 1-6 图 1-1 图



第 2 讲 S7-300 系列 PLC 概述

西门子 S7-300 系列 PLC 包括 CPU 模块、信号模块和通信模块等，这些模块构成了 S7-300 设备的硬件系统。

本讲内容

- S7-300 系列 PLC
- S7-300 系列 PLC 模块
- I/O 模块编址

2.1 S7-300 系列 PLC

为了更好地应用于制造行业的设备和工厂，西门子公司优化并丰富了 S7-300 系列 PLC 功能和选件，使其性能升级更为容易，可以轻松满足使用者的自动化任务需求。

S7-300 系列 PLC 集成了开关量控制、模拟量控制、高速计数器、闭环控制、运动控制和通信联网等功能，CPU 和模块种类丰富，几乎涵盖了所有的应用领域。同时，它设计紧凑，安装尺寸较小，集成系统诊断功能，具有高可用性和可靠性。此外，使用者还可以使用微型存储卡进行程序备份和数据存储，即使停电也无需使用备份电池。

1. S7-300 系列 PLC 的特点

- (1) 模块化，适合中、小规模的控制要求。
- (2) 各性能模块可靠性高。
- (3) 通信联网功能灵活、简单实用。
- (4) 维护简便。
- (5) 可自由扩展。
- (6) 集成功能、功能强劲。

2. S7-300 的分类

S7-300 系列 PLC 按 CPU 模块大致分为以下几类。

(1) 最新款紧凑型 CPU：CPU 314C-2 PN/DP，新 CPU 314C-2 PN/DP 的性能和模块化 CPU 314 V3 的性能相同。与现有的紧凑型 CPU 314C-2 DP V2.x 和 CPU 314C-2 PtP V2.x 相比，新 CPU 上的使用者程序处理速度提高了 5 倍，在某些情况下甚至更快。

(2) 紧凑型 S7-300 CPU：CPU 312C、CPU 313C、CPU 313C-2 PtP、CPU 313C-2 DP、CPU 314C-2 PtP 和 CPU 314C-2 DP。